

Manuel Hernández Sahagún

Betão Pronto

Estudo da sua composição para a sua melhor qualidade



Universidade Jean Piaget de Cabo Verde

Campus Universitário da Cidade da Praia
Caixa Postal 775, Palmarejo Grande
Cidade da Praia, Santiago
Cabo Verde

5.5.08

Manuel Hernández SAhagún

Betão Pronto

Estudo da sua composição para a sua melhor qualidade

Orientador:

Engenheiro António Augusto Gonçalves



Universidade Jean Piaget de Cabo Verde

Campus Universitário da Cidade da Praia
Caixa Postal 775, Palmarejo Grande
Cidade da Praia, Santiago
Cabo Verde

5.5.08

Manuel Hernández Sahagún, autor da monografia intitulada Betão Pronto – estudo da sua composição para uma melhor qualidade, declaro que, salvo fontes devidamente citadas e referidas, o presente documento é fruto do meu trabalho pessoal, individual e original.

Cidade da Praia aos 28 de Setembro de 2007
Manuel Hernández Sahagún

Memória Monográfica apresentada à Universidade Jean Piaget de Cabo Verde como parte dos requisitos para a obtenção do grau de bacharelado em Engenharia de Construção Civil.

Sumário

O presente trabalho, de carácter científico, insere-se no âmbito do trabalho de memória do bacharelato que todos os estudantes da Universidade Jean Piaget de Cabo Verde (UniPiaget de Cabo Verde), após concluído o plano curricular devem cumprir com vista à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Construção Civil. Em face disto, propusemo-nos trabalhar o tema “Betão Pronto, Estudo da sua composição para a sua melhor qualidade” em Cabo Verde, cujos propósitos previamente definidos levaram a escolha de uma metodologia que se enquadra numa investigação basicamente prática e do tipo quantitativo.

Nos nossos dias, o betão é frequentemente utilizado. Para alguns, é o material de construção mais utilizado. Para Valente e Cruz (2004), betão é um material heterogéneo cujas propriedades dependem das propriedades individuais dos seus constituintes bem como da sua compatibilidade. Quanto à constituição, assume-se que é uma mistura devidamente proporcionada de materiais inertes (finos e grossos), ligados entre si pela pasta de cimento + água, e eventualmente, poderá ainda conter adjuvantes que entram na mistura em quantidades muito pequenas. Acrescenta-se que o betão é um material facilmente moldável enquanto fresco e que endurece gradualmente como resultado das reacções de hidratação do ligante, adquirindo propriedades que o tornam num material com muito interesse e larga aplicação na engenharia civil.

Em termos de organização, este trabalho está estruturado em quatro grandes capítulos: no primeiro capítulo, introdução, apresentámos o motivo da escolha deste tema, os objectivos e a metodologia que pretendemos utilizar; no segundo, fizemos pesquisas/consultas, revisões bibliográfica e documental visando uma abordagem teórica e conceptual relacionada com o estudo da sua composição para a melhor qualidade de um betão; no terceiro, estudo de caso, analisamos a composição de um betão; Por último, no quarto capítulo, apresentámos as conclusões.

A realização deste trabalho científico permitiram-nos entender claramente a dimensão deste tipo de análise, suas abordagens e limitações. Durante a investigação e com base na metodologia quantitativas, observámos o tipo e a constituição do betão em Cabo Verde.

Agradecimentos

A realização deste trabalho científico contou com o apoio e colaboração de muitas pessoas que, de forma directa ou indirecta, muito contribuíram para a concretização deste trabalho. A todos o meu sincero e profundo agradecimento. No entanto, queremos ainda muito especialmente deixar uma palavra de gratidão e louvor às pessoas mais estiveram mais ligadas à elaboração do mesmo:

- ao meu orientador pelo apoio que sempre recebi do mesmo, aos técnicos do laboratório de engenharia civil e, ao Presidente do Laboratório de Engenharia Civil Eng. António Augusto Gonçalves, que sem sua ajuda não houvesse sido possível a realização deste trabalho;
- Director da empresa “Betões de Cabo Verde” Eng. Emanuel Veiga;
- à minha família pelo apoio nos momentos mais difíceis e todos que, mesmo distante incentivaram me meu potencial.

Conteúdo

Capítulo 1: Introdução	11
1.1 Justificação da Tema	11
1.2 Objectivos do trabalho	12
1.3 Metodologia	13
1.4 Organização do trabalho	13
1.5 Limitações e dificuldades encontradas	14
Capítulo 2: Fundamentação teórica	15
2.1 Situação geográfica do país e das ilhas	15
2.2 Definições técnicas	16
2.3 Formação do betão	18
2.4 Tecnologia de Fabrico do Betão	20
2.4.1 Conjunto de 4 depósitos em quadrado	21
2.4.2 Cinta Pesadoura Para a Central CP – 3000	21
2.4.3 Cinta Transportadora a Camião Betoneira CP – 3000	22
2.4.4 Boca Descarga Á Camião Betoneira	22
2.4.5 7 Mts de carregado lona plástica para a cinta B-800	22
2.5 Cimento, principal matéria-prima do betão	26
2.5.1 Tipos de cimentos	26
2.5.1.1 Outros tipos de cimentos	27
2.5.2 Principais componentes do cimento portland	27
2.5.2.1 Composição da matéria-prima	27
2.6 Ensaaios das propriedades do cimento	29
2.6.1 Ensaaios laboratoriais	37
2.6.2 Análise granulometria	42
2.6.3 Peneiros e suas características	42
2.6.4 Técnicas de obtenção de uma análise granulometria	44
2.6.5 Amostragem	44
2.6.6 Cálculo do módulo de finura	45
2.6.6.1 Definição de máxima e mínima dimensão do inerte	46
2.6.6.2 Cálculo da máxima dimensão do inerte pelo método de Faury	46
Capítulo 3: Estudo do Caso: Estudo da sua composição para a sua melhor qualidade – Betões de Cabo Verde	48
3.1 Laboratório Nacional de Engenharia Civil	48
Núcleo de Aglomerantes e Betões	48
3.1.1 Laboratório de Engenharia de Cabo Verde	48
3.1.2 Adjuvantes	53
Capítulo 4: Conclusão	69
A Anexos	73
A.1 Simbologia utilizada no trabalho	73
A.2 Fotografias de alguns ensaios	74

Tabelas

Quadro 1 – Composição química do cimento portland	28
Quadro 2 – Limites das substâncias nocivas na água de amassadura	35
Quadro 3 – Inertes, massa volúmica do material impermeável, g/cm ³	41
Quadro 4 – Séries de peneiros empregados na análise granulometria	43
Quadro 5 – Dosagens por m ³	53

Figuras

Figura 1 – Mapa arquipélago de Cabo Verde.....	16
--	----

Capítulo 1: Introdução

1.1 Justificação da Tema

O betão é o material de construção mais utilizado nos nossos dias. Geralmente, assume-se que o betão é um material constituído pela mistura devidamente proporcionada de materiais inertes (finos e grossos), ligados entre si pela pasta de cimento + água, e eventualmente, poderá ainda conter adjuvantes que entram na mistura em quantidades muito pequenas. Acrescenta-se que o betão é um material facilmente moldável enquanto fresco e que endurece gradualmente como resultado das reacções de hidratação do ligante, adquirindo propriedades que o tornam num material com muito interesse e larga aplicação na engenharia civil.

A propriedade mais importante deste material quando endurecido é a sua resistência a compressão, sendo não entanto fraca a sua resistência à tracção. Quando utilizado em conjunto com armaduras em aço, que permitam absorver os esforços de tracção, dá origem ao material compósito conhecido como betão armado e da cuja “família” também faz parte o betão pré esforçado. A utilização do betão simples é menos frequente, podendo encontrar-se por exemplo, em barragens.

A utilização do betão na engenharia civil assume grande importância. Podemos mesmo dizer que raramente se encontra uma obra de engenharia civil onde este material não se inclua, ainda que em pequena proporção. O betão é aplicado, por exemplo, em estruturas de edifícios

e pontes, obras hidráulicas, obras rodoviárias (pavimentos de betão em estradas e aeródromos), etc.

Salientada a importância do betão enquanto material de construção, importa referir que o seu estudo e produção se revistem de cuidados muito especiais. De facto, se atendermos as várias etapas do processo de estudo e produção de um betão, que vão desde a selecção dos componentes, dosagem, ensaios iniciais para avaliação das propriedades do betão fresco e endurecido, até chegar finalmente a sua produção, onde se terá ainda que respeitar as condições impostas para a mistura, transporte, colocação, compactação e cura do betão, apercebemo-nos da complexidade das operações e da necessidade de se conhecer a influencia de cada uma dessas etapas no comportamento do betão.

Face à grande relevância que esse assunto reveste nos dias de hoje na construção surgiu o nosso interesse no sentido de estudar a sua composição. Além de ser um requisito académico para a conclusão do bacharelato, a composição de um betão pronto constitui sempre em nós assunto de capital importante. Neste sentido, sempre questionámos qual será a composição do betão pronto? Assim, decidimos estudar este assunto, sendo certo que, com o apoio dos docentes e principalmente do meu orientador, iremos aprender muito neste trabalho de investigação.

1.2 Objectivos do trabalho

Com base no exposto anteriormente, definimos o seguinte objectivo geral:

- Estudar a composição do betão em Cabo Verde, as matérias-primas mais utilizadas, adjuvantes, ensaios para se realizar, e a qualidade do produto final.

Do objectivo geral atrás referido, indicámos os específicos:

- Analisar a composição de um betão para a sua melhor qualidade;
- Conhecer o processo da composição de um betão;
- Identificar as matérias-primas de um betão.

1.3 Metodologia

Para a elaboração deste documento de carácter científico, utilizámos a seguinte metodologia de trabalhos:

Primeira fase: Parte teórica do trabalho foi feita com base em:

- Pesquisas dos livros que abordam dos assuntos relacionada com a temática;
- Consulta dos documentos no Laboratório de Engenharia de Construção civil;

Estas pesquisas e consultas permitiram-nos criar uma base de sustentação conceptual sobre essas matérias de forma a redigir a fundamentação teórica.

Segunda fase: parte prática do trabalho foi feita com base em:

Nesta fase, optámos por fazer um estudo da composição de um betão: Os dados foram recolhidos no Laboratório da Engenharia Civil e na empresa Betões de Cabo Verde.

1.4 Organização do trabalho

Este trabalho será estruturado da seguinte forma: no primeiro capítulo, Introdução, apresentámos basicamente a justificação e a contextualização do tema, os objectivos gerais e específicos, a metodologia e as limitações/constrangimentos. O segundo capítulo destina-se à fundamentação teórica. Nesse capítulo, foram abordados os principais conceitos e teorias relacionados com o betão pronto. No terceiro, analisámos o estudo de caso sobre o betão pronto incidindo sobre a sua composição. As conclusões integram o capítulo quinto. Nele, estão indicados as linhas gerais que sustentam a investigação, dando resposta aos objectivos e conjecturas formuladas inicialmente e, reflectindo sobre os conhecimentos e as aprendizagens que, a nosso ver, esta investigação nos trouxe. Ainda, fazem parte deste trabalho, as referências bibliográficas e os anexos.

1.5 Limitações e dificuldades encontradas

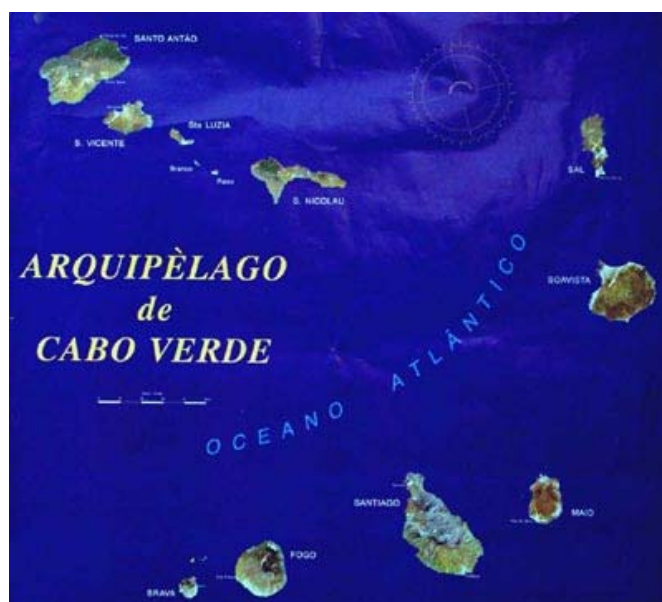
Para a realização de qualquer trabalho de carácter científico sempre deparamos com algumas limitações, que surgem normalmente desde a escolha do tema até o estudo de caso empírico. Este trabalho não foge à regra. Tivemos algumas limitações e constrangimentos encontrados na sua elaboração, a saber:

- a primeira limitação surgiu-nos na pesquisa de documentos bibliográficos que abordam o betão pronto não tanto nos aspectos da recolha de documentação mas sim da forma como extrair partes conceptuais que sirvam para o trabalho e, ao mesmo, comentá-los face a abordagens de vários autores. Neste sentido, a presença do orientador foi imprescindível.
- não nos foi possível encontrar trabalhos de natureza científica relacionados com esta temática na UniPiaget de Cabo Verde que nos permitisse comparar os nossos resultados;
- Outra limitação, não menos importante, é o tempo que nos concedido para a realização deste trabalho.

Capítulo 2: Fundamentação teórica

2.1 Situação geográfica do país e das ilhas

O arquipélago atlântico de Cabo Verde é constituído por 10 ilhas e 8 ilhéus, sendo 6 ilhas ao Norte e a leste: Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal e Boa Vista, que constituem o grupo de Barlavento e 4 ilhas ao Sul: Maio, Santiago, Fogo e Brava, o grupo de Sotavento.



Fonte: Manual básico de construção

Figura 1 – Mapa arquipélago de Cabo Verde

2.2 Definições técnicas

Para Valente e Cruz (2004), betão é um material heterogéneo cujas propriedades dependem das propriedades individuais dos seus constituintes bem como da sua compatibilidade. Ainda, acrescem os referidos autores que as propriedades dos agregados leves podem diferir significativamente umas das outras, pendendo sobretudo do material no seu estado natural e do processo de produção. Outros autores consideram que o betão é um material constituído pela mistura devidamente proporcionada de materiais inertes (finos e grossos), ligados entre si pela pasta de cimento + água, e eventualmente, poderá ainda conter adjuvantes que entram na mistura em quantidades muito pequenas.

Na perspectiva de Figueiredo et al (2006), o betão é um material de construção frequentemente usado. É constituído por uma mistura de agregados, cimento, água e nalguns casos adjuvantes. As propriedades dos componentes são muito importantes para produzir um betão de qualidade assim como as proporções entre estes componentes.

Passamos de seguida a apresentar a base conceptual e técnica de diversas abordagens e tipos de betão:

Betão fresco: É o estado em que o betão se encontra imediatamente após a amassadora, ainda capaz de ser compactado por métodos normais.

Betão endurecido: Betão que endureceu e desenvolveu uma certa resistência.

Betão pronto: Betão doseado numa central exterior ou não ao local de construção, amassado em central fixa ou em camião betoneira, e entregue pelo produtor ao empreiteiro no estado fresco, pronto para uso no local de construção ou para enchimento do veículo do empreiteiro.

Camião betoneira: Unidade misturadora do betão, geralmente montada num chassis automotor, capaz de produzir e entregar um betão homogeneamente misturado.

Amassadura: Quantidade de betão amassado num ciclo de operações de uma betoneira, ou a quantidade de betão pronto transportada num veículo, ou a quantidade de betão descarregada durante um minuto de uma betoneira continua, ou ainda a operação que produz estas quantidades.

Adjuvante: Produto que é adicionado em pequenas quantidades referidas à massa do cimento, antes ou durante a amassadura ou numa operação adicional de amassadura.

Inerte: Material constituído por substancias naturais ou artificiais, britadas ou não, com partículas de tamanho e forma adequados para o fabrico de betão.

Cimento (ligante hidráulico): Material inorgânico finamente moído que, quando misturado com a água, forma uma pasta que faz presa e endurece em virtude das reacções e processo de hidratação e que, depois de endurecer, mantém a sua resistência e estabilidade mesmo debaixo da água.

Dosagem efectiva da água: Soma da água da amassadura com a água presente na superfície dos inertes e nos adjuvantes e adições.

Ar introduzido: Bolhas microscópicas de ar, intencionalmente introduzidas no betão durante a amassadura, em geral através do uso de um agente tensioactivo de superfície.

Ensaio inicial: Ensaio ou ensaios para verificar, antes da utilização do betão, como deve ser a sua composição a fim de satisfazer todos os requisitos de comportamento nos estados frescos e endurecido, tendo em atenção os materiais constituintes a utilizar e as condições particulares na obra.

Trabalhabilidade do betão fresco: Pode ser definida como a maior ou menor facilidade com que o betão é transportado, colocado e transportado em obra.

Segregação: É a tendência das partículas grossas e finas dos inertes se separarem.

Exsudação: É a tendência da separação da água da mistura do betão.

Resistência do betão: É a carga máxima (tensão) que este pode suportar; Define-se, respectivamente, resistência a compressão ou tracção como a carga máxima de compressão ou tracção que pode ser suportada por unidade de área.

Deformação: A deformação do betão divide-se em:

- Deformação elástica e não linear;
- Deformação por fluência, porque o betão continua a deformar-se com o tempo.

Durabilidade do betão: Define-se como a resistência à corrosão resultante de causas internas e externas. Isto depende de muitos factores como sejam: ataques químicos (sais inorgânicos e ácidos, lixiviação, carbonatação).

2.3 Formação do betão

O betão é um dos poucos materiais que chega a obra no seu estado natural. Esta característica o faz muito útil na construção, já que pode ser moldado de muitas formas.

Apresenta-se numa ampla variedade de texturas, cores e é utilizado para a construção de vários tipos de estruturas, nomeadamente auto-estradas, estradas, pontes, túneis, barragens, grandes prédios, pistas de aterragens, sistemas de regos e canalização, quebra ondas, portos, passeios e também barcos.

Uma das principais características do betão é a resistência, seu baixo custo, e sua prolongada duração. Sempre que seja misturado com os materiais adequados, o betão é capaz de suportar cargas a compressão muito elevadas. Sua resistência a tracção é muito baixa, mais quando se trata do betão armado com aço de construção e através de um desenho adequado é capaz de conseguir uma alta resistência tanto a compressão como a tracção. Sua longa duração pode deparar na conservação das colunas construídas pelos Egípcios faz mais de 3600 anos.

Os componentes principais do betão é a pasta de cimento portland, água, e ar, que podem penetrar de forma natural e deixar pequenas cavidades ou podem ser introduzidas artificialmente. Os materiais inertes podem ser divididos em dois grupos: materiais finos, como areia, e materiais graúdos como britas, pedras e escórias. Em geral os materiais finos têm uma granulometria inferior a 6.4 mm e graúdos quando sua granulometria é superior a 6.4 mm. O tamanho do material graúdo varia em dependência da estrutura em causa. Por exemplo na construção de barragens é utilizado pedra com 15 cm de diâmetro ou mais. O tamanho dos materiais graúdos não deve ultrapassar a quinta parte da dimensão mais pequena da peça de betão que se pretende construir.

Quando o cimento portland é misturado com água, os componentes do cimento provocam uma reacção formando uma pasta aglutinadora. Quando a pasta é bem-feita cada partícula de areia e brita fica misturado nesta pasta e cada espaço entre as partículas ficará preenchido. Após secagem e ganho sua presa todos materiais ficam ligados uns com outros formando uma massa sólida.

Em condições normais o betão é fortalecido com o passar do tempo. A reacção química entre o cimento e a água que provoca o endurecimento da pasta de cimento e a compactação dos elementos agregados requer de tempo. Ao começo esta reacção é rápida mais depois torna-se lenta.

2.4 Tecnologia de Fabrico do Betão



CENTRAL MÓVEL DOSIFICADOURA DE BETÃO.

Modelo: CP – 3002.

<p>Descrição técnica Central móvel de betão MOD. CP – 3002 II Ref. Pedido: FRU00944.</p>
--

CENTRAL CP – 3002 MÓVEL.

2.4.1 Conjunto de 4 depósitos em quadrado

- Capacidade total do depósito 30 m³.
- Dimensões do depósito:
- Cumprimento: 7.400 mm.
- Largura: 4.100 mm.
- Queda dos áridos à sinta pesa doura, mediante 8 bocas de descargas, com portas de fechaduras accionadas por cilindros pneumáticos.
- Construídas com chapas de 4,5 e 6 mm., em perfis laminares em frio e chapa dupla.
- Equipada com dois vibradores eléctricos.

2.4.2 Cinta Pesadoura Para a Central CP – 3000

- 4 Tipos de áridos
- Banda lisa de 650mm, 4 lonas.
- Capacidade: 7.000 kgs.
- Diâmetro do rolo tensor 275 mm.
- Diâmetro do rolo galvanizado 325 mm.
- Três rolos de diâmetro 89 / 200 mm.
- Distancia entre rolo 300 mm.
- Construída em chapa dupla.
- Bastidor em UPN, e arrostamento em perfis laminares em frio.
- Vibrador incorporado em telha.
- Moto redutora 10 CV, a 55.5 r.p.m.
- Sistema de balança através de 4 células de carga de 3000 kg.

2.4.3 Cinta Transportadora a Camião Betoneira CP – 3000

- Comprimento: 8.874 mm.
- Banda nervurada de 800 mm. 4 Lonas.
- Diâmetro rolo tensor 275 mm.
- Diâmetro rolo motriz galvanizado 325 mm.
- 3 Rolos conduzidos de diâmetro 89 * 250 mm, com rolamento fechado.
- Distancia entre rolos 700 mm.
- Rolos amortecedores na zona de carga.
- Bastidor construído em chapa dupla, arrostamentos em L.
- Motor redutor de 10 CV., a 93.3 r.p.m.

2.4.4 Boca Descarga Á Camião Betoneira

- Entrada de cimento desde a báscula ao camião betoneira.
- Entrada da água ao colector circular com saída da água em forma de chuveiro.
- Tomadas de borrachas de diâmetro 500 e 600 mm, para fecho com o camião betoneira.
- Os inertes entram na boca e são misturados com o cimento e água evitando assim a saída de pó.

2.4.5 7 Mts de carregado lona plástica para a cinta B-800

❖ 2 SILO PARA CIMENTO.

- Capacidade: 60 Tn. (50 M3).
- Diâmetro: 2.500 mm.
- Altura total do silo: 13.800 mm.
- Medida entre o centro das patas: 1.870 mm.
- Altura desde o solo até a boca de descarga: 1.000 mm.

- Fabricado em chapa de 3e 4 mm.
- Escada protegida.
- Varanda protegida na parte superior.
- Abertura / fechadura do sistema pneumático em forma de borboleta.
- Cano de descarga descentralizado.
- Tubeira de enchido de diâmetro 3.5.

2 CONJUNTO DE QUATRO FLUIDIFICADORES COM ELECTRO VÁLVULAS.

1 VÁLVULA DE SEGURANÇA.

1 FILTRO DE CARTUCHOS PARA MATERIAIS PULVERIZASTES OU GRANULARES.

MOD. SFDC-180 G5.

- Filtros de cartuchos em alumínio e poliestireno, com cartuchos de material sintético ondulado de maneira que se optem uma superfície filtrante elevada com umas dimensões mínimas.
- Com sistema de limpeza pneumática mediante impulsos temporizados de ar comprimido.
- Superfície filtrante: 18 m2.
- Quadro eléctrico de mando.
- Electricidade: 220/380 V.
- Pressão de trabalho: 6/7 bar.
- Peso: 55 kg.
- Tripoli com depósito de recolha de cimento, abertura manual.
- Preparado para instalação da válvula de segurança.

1 ESPIRAL.

- Diâmetro: 275 mm.
- Comprimento: 0,700 m.
- Fabricado com espiral e tubo de aço.

- Motor redutor 3 CV., a 194 r.p.m., acoplado directamente ao eixo.
- Produção: 80 Tn/h.

1 ESPIRAL

- Diâmetro: 275 mm.
- Comprimento: 3,30 m.
- Fabricado com espiral e tubo de aço.
- Motor redutor de 10 CV., 229 r.p.m., acoplado directamente ao eixo.
- Produção: 80 Tn/h.

1 BASCULA DE CIMENTO.

- Capacidade: 1500 kg.
- Construída com chapa de 3 mm.
- Abertura / fecho, sistema pneumático de borboleta, com diâmetro de 220 mm.
- Vibrador pneumático.
- Sistema de balança através de 3 células de carga.
- Sistema eléctrico controla porta aberta e fechada.

1 ESPIRAL.

- Diâmetro: 275 mm.
- Comprimento: 7,40 m.
- Fabricado com espiral e tubo de aço.
- Motor redutor de 10 CV., 229 r.p.m., acoplado directamente ao eixo.
- Produção: 80 Tn/h.

1 APARELHO DOSIFICADOR DE ÁGUA POR CONTADOR.

- Passagem de 2, com impulsos de 1 litro.
- Programação electrónica.
- Abertura pneumática.

1 INSTALAÇÃO PNEUMÁTICA

- Funcionamento pneumático da central, equipada com:
- Grupo lubrificador.
- Electroválvulas para accionamento de cilindros.
- Racores e instalação de tubo tecalón 8 * 10.
- Armários estanques: protegem os componentes pneumáticos.
- Armário para (9+2) accionamentos.

COMPRESSOR:

- Capacidade: 500 I.
- Potencia: 7,5 CV.
- Bancada de compressor com tacos amortiza dores.
- Distribuidor geral a saída do compressor.

1 QUADRO DE FORÇA. CONSOLA DE MANOBRA MOD. CP-3002.

- Quatro tipos de áridos em quadro e 2 cimento.
- Consola de manobra.
- Quadro de potência.
- Instalação eléctrica.
- Funcionamento automático e manual.
- Inclui equipo PROIN.
- Preparado para três aditivos.
- Protecção de motores com disjuntores.
- Sinóptico de policarbonato com sinalização de pilotos, marcha e haveria.
- Equipado com mecanismos eléctricos de primeiras marcas (Siemens, Telemecanique, etc...).

1 ESTRUTURA SUPORTE PARA CENTRAL CP-3000.

- Conjunto compacto móvel.
- Fabricado em perfis laminares em frio.
- Um eixo de rodas gemia.
- Equipado com sistema de travões ABS.

1 MONTAGEM MECÂNICO PLANTA CP/CPL-3002.

- Inclui mão-de-obra, deslocamento e dietas de nº de equipas de montagem.

1 MONTAGEM ELÉCTRICO PLNTA CP-3002.

Inclui:

- Material eléctrico necessário para a montagem.
- Mão-de-obra.
- Dieta e deslocamento de nossa equipa de montagem.

2.5 Cimento, principal matéria-prima do betão

Os cimentos são ligantes hidráulicos constituídos por pós muito finos, que ao serem amassados com água formam uma pasta cujo endurecimento se dá apenas pela reacção química entre o pó e a água, permitindo aglomerar uma proporção elevada de materiais inertes, como areias, godos, pedra britada, etc., conferindo ao conjunto grande coesão e resistência, o que os torna aptos a serem utilizados na produção de argamassas e betões.

2.5.1 Tipos de cimentos

Cimento Portland.

- 1- Normal.
- 2- De presa rápida.

Cimento de alto forno.

- 1- Portland de alto-forno.
- 2- Portland de alto-forno de baixo calor de hidratação

- 3- Resistente aos sulfatos.
- 4- Outros tipos.

Cimento pozolânico.

- 1- Cinzas volantes.
- 2- Pozolânico com cinzas volantes.

Cimentos aluminosos.

- 1- Cimento de alta alumina.

2.5.1.1 Outros tipos de cimentos

- Cimentos de dureza extra rápida.
- Cimentos de dureza ultra rápida
- Cimentos de baixo calor de hidratação.
- Cimentos brancos e coloridos.
- Cimentos resistentes a água.
- Cimentos resistentes à penetração do ar.

2.5.2 Principais componentes do cimento portland

- Carbonato de cálcio. (proveniente das rochas de calcárias.)
- Sílica, Alumina. (proveniente das argilas.)

2.5.2.1 Composição da matéria-prima

O cimento portland artificial é obtido a partir de uma mistura devidamente proporcionada de calcário (carbonato de cálcio), argila (silicatos de alumina ou ferro) e, eventualmente, outras substâncias apropriadas ricas em sílica, alumina ou ferro, reduzida a pó muito fino, que se sujeita a acção de temperaturas da ordem dos 1450°C, obtidas geralmente em grandes fornos rotativos.

Produto das altas temperaturas as matérias-primas reagem entre si, ajudadas pela fase líquida obtida pela fusão de cerca de 20% da matéria-prima, originando novos compostos.

Em virtude destes fenómenos químicos e físicos, os produtos da reacção, ao arrefecerem, aglomeram-se em pedaços com dimensões variáveis mas geralmente entre 2 a 20 mm, chamados clínquer.

As misturas das matérias-primas, calcário e argila, são doseadas de tal modo que, depois de perder a água e o dióxido de carbono, devido à elevada temperatura atingida no forno, resulta a seguinte composição química:

CaO 60 a 68 %.
SiO₂ 17 A 25 %.
Al₂O₃ 2 A 9 %.
Fe₂O₃ 0.5 a 6 %.

Além destes componentes principais, a matéria-prima contém ainda metais alcalinos, magnésio, titânio, fósforo, e, eventualmente, sulfatos:

MgO 0 a 2 %.
K₂O e Na₂O 0.5 a 1.5 %.

Quadro 1 – Composição química do cimento portland

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CIMENTO PORTLAND		
Nome dos componentes	Composição química	Abreviatura usual
Silicato bicálcico	2CaO.AiO ₂	C ₂ S
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S
Aluminato tricálcico	3CaO.AL ₂ O ₃	C ₃ A
Aluminoferato tetracálcico	4CaO.AL ₂ O ₃ .Fe ₃ O ₃	C ₄ AF

Fonte: Estudo da composição e propriedades (1998/99)

A hidratação dá-se após a combinação química da água e do cimento ocorrendo durante este processo uma grande libertação de calor.

O grau de hidratação depende das propriedades relativas dos componentes, da finura do cimento e das condições ambientais (particularmente da temperatura e humidade).

A regulamentação Portuguesa relativa aos ensaios que definem as características dos cimentos foi estabelecida pelo decreto-lei nº 208/85 de 26 de Junho, baseando-se nas normas Portuguesas NP-2064 e NP – 2065.

NP-2064 Cimentos, classes de resistência e características.

Esta norma abrange todos os cimentos.

Foram definidas duas classes de resistências, classes 30 e 40, designadas pelos números dos valores mínimos especificados para as tensões de rotura a compressão aos 28 dias, em Mpa, para provetes de argamassa normalizada.

São especificados os ensaios necessários as determinações dos valores que caracterizam o cimento, por referencia as especificações do LINEC.

São estabelecidos limites superiores e inferiores para as tensões de rotura.

2.6 Ensaios das propriedades do cimento

O ligante (cimento) é o componente que mais influi nas propriedades do betão. Importa por isso, saber determinar através dos ensaios, os valores específicos do cimento, necessários ao estudo e controle do betão.

A seguir serão referidos alguns dos ensaios, determinados sobre a pasta de cimento ou sobre argamassas normalizadas, que se consideram mais importantes para o conhecimento geral das propriedades de um ligante.

❖ **Consistência:**

A consistência da pasta padrão de cimento pode ser medida pelo ensaio de vicat. A medição é feita usando uma agulha com 10 mm de diâmetro ajustado ao aparelho. A pasta de cimento para o ensaio é misturada de acordo com a norma de ensaio e é colocada no molde.

A seguir a agulha é colocada em contacto com a superfície superior da pasta e é libertada.

Sob a acção do peso a agulha penetra na pasta. A profundidade da penetração depende da consistência.

❖ **Expansibilidade:**

Pode ser definida como a mudança excessiva no volume, particularmente a expansão da pasta de cimento depois da presa. É desejável em ordem a pasta normal de cimento que ela seja não expansiva. A expansividade usualmente manifesta-se através de fendas e desintegração da superfície do betão.

Um dos processos para determinar a expansibilidade do cimento é o aparelho desenvolvido por Lechatelier.

O aparelho de Le Chatelier consiste num pequeno cilindro, o qual possui uma fenda segundo a geratriz. Dois indicadores com agulhas encontram-se ligados, um em cada lado da fenda, deste modo, a largura da fenda causada pela expansão do cimento pode ser facilmente medida. O cilindro é colocado sobre uma lâmina de vidro, preenchido com pasta de cimento de consistência padrão, e coberta com outra lâmina de vidro.

O conjunto deste equipamento é imerso em água entre 18 e 20°C por 24 horas.

No final deste período a distância entre os indicadores é medida e o molde é imerso em água novamente durante 30 minutos.

A seguir é arrefecido e a distância entre as agulhas é novamente medida. O aumento desta distância representa a expansão do cimento portland.

❖ **Massa volúmica:**

O valor mínimo especificado para a massa volúmica do cimento portland normal é, segundo a NP-2064, de 3.05 g/cm³.

O ensaio encontra-se normalizado pela especificação do LINEC E64-1979.

A determinação da massa volúmica é efectuada por medição do deslocamento de um líquido inerte (gasolina ou benzina) dentro de um densímetro de Chatelier, quando colocamos neste uma quantidade de cimento conhecida. Este ensaio exige bastante rigor, nomeadamente na pesagem do cimento.

❖ **Resistência mecânica:**

A resistência do cimento endurecido é a propriedade mais importante, sendo a classe de um cimento designada pelo valor da tensão de rotura à compressão em Mpa, aos 28 dias, de uma proveta de argamassa normalizada, elaborada com esse cimento.

Os ensaios de referência geralmente efectuados são:

- Flexão.
- Compressão directa.
- Tracção directa.

Os ensaios de resistência são feitos com argamassas normalizadas, devido às dificuldades de moldar e ensaiar espécimes com inaceitáveis variações de resistência. Usa-se para o efeito uma argamassa de cimento e areia (na proporção em peso de 1:3:0.5 uma parte de cimento por três de areia normalizada e por meia parte de água).

Os valores de tensão de rotura à compressão devem ser respeitados, mediante controlo de fabrico, com as seguintes probabilidades:

- 95% Os valores mínimos e máximos aos 28 dias.
- 90% O valor mínimo aos três dias do cimento da classe 40.

❖ **Dosagem da água:**

É bem conhecida a influência da quantidade de água na tensão de rotura. Grandeza da sua acção depende do nível de resistência, pois um aumento de litros por metro cúbico tanto pode provocar uma diminuição de 5 ou 6 MPa, tensão de rotura como de cerca de 1 MPa.

Se a água é em quantidade insuficiente obtém-se um betão muito seco com qual será impossível conseguir uma compactidade satisfatória, visto o atrito entre as partículas ser tão grande que impede a sua arrumação perfeita.

A continuação está indicada nos resultados experimentais obtidos no Laboratório Nacional de Engenharia Civil num betão cuja curva granulo métrica mista numa curva de Faury com máxima dimensão de inerte igual a 25 mm, com 300 kg de cimento por metro cúbico de betão, na qual os parâmetros de trabalhabilidade A e de compactidade B, valem: A = 20 e B = 1, A = 25 e 30, B = 1,5 e A = 35 e 40, B = 2, o que conduziu a: percentagem de areia, não incluindo o cimento, de 22,7, 26,7, 30,2, 35,2, e) respectivamente.

Utilizaram-se quantidades de água de amassadura de 130 a 270 l/m³. O cimento apresentava uma resistência em argamassa normal a 28 dias de 39.3 Mpa.

Como se observa, as tensões de rotura obtidas variaram entre 63 e 20 MPa. Praticamente, num betão com a dosagem de cimento de 300 kg/m³ a dosagem de água situa-se no intervalo de 150 a 210 l/m³ variando então a sua resistência entre, por exemplo 52 e 29 Mpa, aproximadamente.

Nesta zona é fácil ver que 10 L de água por metro cúbico de betão equivalem a uma alteração na resistência de 4 MPa.

❖ **Relação A/C:**

Desde que em 1892 Feret descobriu que a tensão de rotura é função da relação entre os volumes absolutos do cimento e a soma dos volumes da água e de vazios, o quociente A/C entre a dosagem de água, A, em litros por metro cúbico, e a dosagem de cimento, C, em quilogramas por metro cúbico de betão, popularizou-se de tal modo que hoje é considerado aferidor corrente das propriedades do betão. Mas deve-se frisar que a lei é aproximada, pois não é só o valor de A/C que está em jogo; além do volume vazios, intervém na tensão de rotura a resistência da ligação cimento-inerte, que depende de numerosos factores, como das afinidades química ou de estrutura, textura da superfície, existência de substâncias estranhas, etc.

❖ **Generalidades**

Todas as águas potáveis e ainda as que não o sendo não tenham cheiro nem sabor podem ser utilizadas na amassadura do betão.

Esta lei, perfeitamente geral, permite que não haja preocupações quando se usa água da distribuição para consumo público.

As desconfianças nascem quando as águas não são potáveis, têm sabor ou cheiro anormais e começam a apresentar turvação.

Efectivamente, a água de amassadura influi nas propriedades do betão através das substâncias dissolvidas e em suspensão. As substâncias dissolvidas podem afectar as resistências

mecânicas e química do betão e das armaduras. As substâncias em suspensão podem afectar a compacidade e especialmente o crescimento cristalino dos produtos da hidratação do cimento.

De um modo geral, visto o inerte e a água ser substâncias naturais, todas as impurezas a que se fez referência a propósito dos inertes estarão contidas na água onde, devido ao poder dissolvente, atingem concentrações mais elevadas, podendo ainda existir outras que não aparecem nos inertes.

❖ Substâncias em suspensão

As substâncias que normalmente se encontram em suspensão na água são o silt e a argila. A sua acção na granulometria do conjunto é quase sempre desprezível pois essa influência apenas se verificará para o silt que, dadas as suas dimensões (entre 2!lm e 60!lm), facilmente sedimenta na água em repouso.

Ou inferiores a 2!lm, poderá eventualmente obturar os poros capilares do cimento endurecido ou os que existem entre este e o inerte, contribuindo para o aumento da compacidade. Mas a presença de maiores quantidades impede a cristalização dos produtos da reacção do cimento com água, interpondo-se entre os cristais em crescimento e em vias de colagem, diminuindo por isso a coesão.

Por estas razões, as normas Francesas limitam as substâncias em suspensão até um máximo de 5 g/l. Este limite nunca as pode levar a percentagens elevadas do peso do cimento. Assim, no caso já raro de um betão com uma relação entre as dosagens de água A e de cimento C, igual à unidade, $A/C=1$, ao resíduo suspenso de 5 g/l na água de amassadura corresponde a introdução de 0.5 % de argila em relação ao peso de cimento.

No quadro a seguir apresentaremos os limites das substâncias nocivas na água de amassadura segundo a Comissão Permanente do Betão, CPC14 da RILEM.

Quadro 2 – Limites das substâncias nocivas na água de amassadura

Componente	Limites, em percentagem da massa de água		
	Betão	Betão	Betão
	Simples	Armado	Pré-esforçado
Insolúveis	0,5	0,2	0,2
Quantidade total de substâncias dissolvidas incluindo	3.6	1.5	0.2
Cloretos (CL)	2,0	0.05-0.10(3) (4)	0,05(3)
	0,2	0,1	0,03
Sulfatos (SO ₄)			
Sulfuretos (S ²⁻)	0,01	0,01	0,01
Alcalinidade expressa			
em pH, maior do que	4(5)	4(5)	4(5)

Fonte: Estudo da composição do betão (I, II, III parte)

❖ Água do mar

Como se sabe, a água do mar contém 3.5% de sais cuja distribuição de iões é em média, aproximadamente, a seguinte:

CL-	1.898%
Br-	0.006%
SO ₄	0.265 %
Mg ²⁺	0.127%
Ca ²⁺	0.040%
Sr ²⁺	0.001%
K ⁺	0.038%
Na ⁺	1.056 %

No caso de se empregar água do mar na amassadura de um betão em que A/C= 1,00, estes valores transformam-se em percentagens relativamente à massa de cimento.

O teor de sulfatos não excede o máximo permitido no caso do cimento portland (0,5%) mas o

de cloretos é já superior ao máximo permitido no betão armado, que é de 1,3%.

Para que tal aconteça é necessário usar uma quantidade de água de amassadura não superior a $0,7 C$ (onde C é a dosagem de cimento, em quilogramas por metro cúbico);

Como se trata de betão armado não será frequente ter-se betões com $A/C > 0,7$, que, por serem porosos e permeáveis, não dão suficiente protecção à armadura podendo portanto originar a sua corrosão facilitada pela presença do ião cloro. Esta percentagem de cloro torna proibitiva a utilização da água do mar na amassadura do betão pré-esforçado.

Quanto aos iões alcalinos há que fazer as reservas habituais da sua reactividade eventual com o inerte, num meio saturado de hidróxido de cálcio e a sua acção sobre a presa.

O teor em carbonatos e bicarbonatos é variável, mas bastante baixo.

A percentagem de carbonato oscila entre 0 e 0,005% da massa de água e a de bicarbonato entre 0,014% e 0,003%, respectivamente, para os valores do pH da água do mar entre 7,0 e 9,0. No caso do pH médio de 8,4, os teores são respectivamente 0,003% e 0,008%.

A experiência prova que a água do mar na amassadura dá resultados normais. Verifica-se por vezes uma aceleração ligeira da presa, aumento das tensões de rotura iniciais, e leve a diminuição nas resistências finais, em relação às de um betão idêntico amassado com água potável. Também se deve frisar que os resultados obtidos dependem da composição do cimento portland.

Em resumo, pode dizer-se que a água do mar se utiliza sem nenhuma precaução no betão simples; só deverá usar-se quando $A/C \leq 0,7$ no betão armado conservado permanentemente imerso, como nas obras marítimas, e não deve ser empregada no betão pré-esforçado. No betão armado em estruturas ao ar livre é bom não a usar a não ser em casos excepcionais de locais muito secos em betão de muito boa qualidade, com dosagem de cimento elevada, vem compactado e não fissurado.

2.6.1 Ensaaios laboratoriais

Determinações necessárias para o cálculo da composição do betão.

Nos parágrafos precedentes foram enunciadas as características que o inerte deve possuir. Mas, para o cálculo da composição do betão, isto é, para a determinação das quantidades dos componentes, em peso por unidade de volume do betão, é necessário ainda conhecer outras propriedades do inerte que nos servem, geralmente, para a apreciação da sua qualidade.

Essas propriedades são:

- a) Massa volúmica das partículas
- b) Absorção
- c) Humidade
- d) Baridade
- e) Granulometria.

Nos parágrafos seguintes definir-se-ão estas grandezas e descrever-se-á o modo de as determinar:

❖ *Massa volúmica*

É a relação entre a massa de um corpo e o seu volume. Aplicada ao inerte refere-se à massa volúmica das partículas individuais, e não à massa agregada em conjunto. Nalguns inertes as partículas são densas e impermeáveis, noutros são mais ou menos porosas e ainda noutros haverá mistura destes dois tipos de partículas. Além disso uma partícula pode ainda conter vazios ou poros, uns inteiramente fechados, sem comunicação com o exterior, e outros ligados com a superfície.

A pasta de cimento não pode penetrar até grande profundidade nem mesmo nos poros de menor abertura da superfície, devido à sua viscosidade e à dimensão das partículas de cimento, mas apenas nos poros maiores, enquanto a água tem acesso mais fácil ao interior, dependendo a quantidade e a velocidade com que ela penetra na partícula, da dimensão, continuidade e volume dos poros. Quando se calcula o volume das partículas numa massa de

betão deve ter-se este facto em consideração. Portanto, o volume sólido duma partícula é definido por uma membrana que corresponde à configuração principal da periferia.

Há pois que definir cuidadosamente o que significa para nós o termo massa volúmica do inerte.

Como se sabe, a massa volúmica absoluta do material que constitui a partícula do inerte à temperatura (t) é a relação entre a massa do material sólido no vácuo e a massa de um volume igual de água completamente livre de gás, à temperatura (t). Para eliminar o efeito dos poros impermeáveis é *necessário reduzir o inerte a pó*. O método de determinação é laborioso e muito sensível; não é usado na tecnologia do betão, pois esta definição de massa volúmica não tem aqui interesse.

Ao estudar a composição do betão não se deve considerar o inerte seco, pois nesta condição os poros em contacto com o exterior, por meio dos capilares, absorverão a água da pasta do cimento, não contribuindo para as suas reacções de hidratação, alterando ao mesmo tempo a trabalhabilidade no decorrer dos primeiros instantes. Portanto, o inerte deve estar saturado de água, para evitar este fenómeno, e é nesta condição de saturado, mas sem água na sua superfície (com a sua superfície seca), que deve entrar na composição do betão: neste estado nem aumenta a água da amassadura nem a absorve.

Logo, se as partículas do inerte estão saturadas e têm a superfície seca, o quociente da sua massa pela soma dos seus volumes exteriores é a *massa volúmica do inerte saturado com a superfície seca*.

A sua determinação está normalizada entre nós num ensaio em que se determinam a absorção e diferentes massas volúmicas.

Assim, a amostra do inerte é em primeiro lugar saturada de água, mergulhando as suas partículas parcialmente, durante as primeiras horas, e depois totalmente durante mais 24 horas. Retiram-se de dentro da água e secam-se as superfícies das partículas, uma a uma, enxugando-se com um pano seco. Determina-se então a sua massa.

Em seguida colocam-se, o mais rapidamente possível, dentro de um recipiente cilíndrico, de rede de arame, de malha inferior a 5 mm com cerca de 20 cm de altura, determinando-se a

massa dentro de água. Seja P_2 a massa da amostra do inerte saturado, dentro de água. Realizada esta operação o inerte é seco em estufa, a 105°C , até massa constante, P_3 .

A massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca é:

- $P_1 / P_1 - P_2$
- a massa volúmica das partículas secas é $p_3 / p_1 - p_2$
- e a massa volúmica do material impermeável das partículas é $p_3 / p_3 - p_2$

A massa volúmica das partículas secas, relação entre a massa do material seco e o volume absoluto do material mais de todos os seus poros (volume exterior das partículas), é pouco utilizada praticamente na tecnologia do betão.

Na maior parte dos casos práticos o inerte, nos estaleiros, está numa condição intermédia entre os estados seco e saturado, mas provavelmente quase sempre mais próximo do saturado, e é por isso que se utiliza com mais frequência a massa volúmica do inerte saturado com a superfície seca.

A massa volúmica do material impermeável das partículas é a relação entre a massa do material seco e o volume absoluto do material mais o dos poros deste nos quais a água não penetrou ao fim do tempo de imersão.

Também não tem, normalmente, interesse nas aplicações.

No caso das areias não se adopta o método acima descrito, pois não é possível secar a superfície das partículas, uma a uma. Além disso o cesto de rede também não é utilizável, e tem de se usar o método do frasco.

A amostra de areia começa também por ser convenientemente saturada, por imersão em água, em camada delgada, e agitação frequente para desprender as bolhas de ar. Em seguida seca-se a superfície das partículas de areia, dispondo-as em camada pouco espessa e sujeitando-as a um aquecimento lento, de preferência por meio de uma corrente suave de ar quente. A superfície está seca logo que se observa a mudança de cor das partículas, suspendendo-se então o aquecimento e determinando a sua massa, P_1 . Na especificação citada este estado é avaliado quando a areia, colocada num molde de aço, tronco-cónico (com 40 mm de diâmetro

na base menor, 90 mm na base maior e 75 mm de altura), deixa de manter a forma do molde logo que este é retirado.

Determinando então:

- P1 – massa da amostra saturada com a superfície seca;
- P3 – massa da amostra seca a 105°C até massa constante;
- M1 – massa do frasco cheio de água;
- M2 – massa do frasco com a amostra saturada e cheio de água,

A massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca é:

- $P1 / p1 + m1 - m2$
- A massa volúmica das partículas secas é
- $P3 / p1 + m1 - m2$

A massa volúmica do material impermeável das partículas é:

- $P3 / p3 + m1 - m2$

A massa volúmica do inerte depende dos minerais que o compõem. A maior parte dos inertes naturais tem uma massa volúmica do material impermeável entre 2,6 e 2,7, e o intervalo de variação está indicado no quadro 3.

Os calcários semicristalinos empregados na zona de Lisboa apresentam normalmente as seguintes massas volúmicas;

Saturados com a superfície seca	2,62 a 2,64 g/cm ³
Secos	2.59 a 2,62 g/cm ³
Material impermeável das partículas	2.65 a 2,66 g/cm ³

No quadro 3 apresentaremos a massa volúmica do material impermeável de algumas rochas.

Quadro 3 – Rocha massa volúmica do material impermeável, g/cm³

	<i>Média</i>	<i>Intervalo de variação</i>
Basalto	2,80	2.6 a 3,0
Granito	2,67	2.5 a 3,0
Calcário	2,66	2.5 a 2,8
Pórfuo	2,73	2,6 a 2,9
Quartzite	2,62	2,6 a 2.7
Sílex	2,70	2,6 a 2,8
Ares	2,50	2,0 a 2,6
Areia siliciosa e		
Godo silicioso'	2,65	2.5 a 2,8

Fonte: Estudo da composição do betão (I, II, III parte)

A areia e o godo são geralmente constituídos pela mistura de diferentes rochas, de modo que a massa volúmica do conjunto depende do tipo preponderante.

A massa volúmica dum material não é uma medida da sua qualidade, e por isso não costuma ser especificada. Mas quando se comparam massas volúmicas de inerte duma dada natureza petrográfica ou mesmo proveniente de um só jazigo, a variação do valor desta característica reflecte uma alteração na porosidade do inerte, e portanto na sua qualidade.

❖ *Porosidade e absorção*

A absorção de água do inerte é determinada a partir da diminuição da massa de urna amostra de inerte saturado de água (com a superfície seca), seca em estufa a 105°C, a massa constante, P1-P3. A relação entre a perda de massa determinada nestas condições e a massa da amostra seca, P3, em percentagem, é chamada *absorção*, A.

- $A = P1 - P3 / P3 * 100$

❖ *Humidade*

O inerte, quer tenha sido ou não lavado, e quando exposto à intempérie, conserva ou adquire uma quantidade apreciável de humidade, mantendo-a durante grandes intervalos de tempo, excepto à superfície do depósito onde está armazenado. Isto é particularmente verdade no caso dos inertes mais finos, como a areia, e a humidade superficial ou livre (isto é, a que excede a aprisionada pelo inerte no seu interior) deve ser tomada em conta no cálculo das quantidades dos componentes sólidos e líquidos da amassadura.

A água aderente à superfície é expressa em percentagem da massa do inerte saturado com a superfície seca, e é chamada *teor de humidade* ou simplesmente *humidade*. O teor total da água do inerte é igual à soma da absorção com o teor de humidade.

2.6.2 Análise granulometria

A granulometria é talvez a propriedade mais importante do inerte, a seguir à sua resistência.

Chama-se granulometria à distribuição das percentagens das partículas de determinadas dimensões que compõem o inerte.

Sob o ponto de vista granulométrico, a dimensão de uma partícula é definida pela abertura de uma malha com forma determinada, através da qual ela passa, ficando retida numa malha idêntica de menor abertura.

- a) A forma de abertura da malha (quadrada, circular, etc.)
- b) A diferença entre as aberturas de duas malhas consecutivas.

2.6.3 Peneiros e suas características

A malha dos peneiros que normalmente se usam pode ser quadrada ou circular. Em geral os peneiros de aberturas circulares são empregados para os inertes mais grossos.

Existem várias séries de peneiros normalizados. Contudo para efeito da análise granulometria dos inertes destinados ao betão, apenas se usam os peneiros cujas aberturas formam uma série geométrica de razão 2, começando em 0,075 mm. A série que se especifica entre nós é a série americana, indicada no quadro seguinte.

Segundo as normas americanas da ASTM, E-11, os peneiros mais grossos, até à abertura de cerca de 5 mm, são designados pela dimensão da abertura; os de abertura inferior a 5 mm são designados pelo nº de malhas por polegada linear. E esta referenciado no quadro 4 uma série de peneiros.

Quadro 4 – Séries de peneiros empregados na análise granulometria

Série principal			Série secundária		
Designação	Abertura	Diâmetro	Designação	Abertura	Diâmetro
do peneiro	da malha	do arame da	do peneiro	da malha	do arame
	(mm)	rede (mm)		(mm)	da rede (mm)
6"	152,4	...	4"	101,6	6,3
3"	76,1	5,8	2"	50,8	5,0
1" ½	38,1	4,6	1"	25,4	3,8
¾"	19	3,3	½"	12,7	2,7
3/8"	9,51	2,3	¼"	6,35	1,8
Nº4	4,76	1,5			
Nº8	2,38	1:00			
Nº16	1,19	0,65			
Nº30	0,595	0,39			
Nº50	0,297	0,22			
Nº100	0,149	0,11			
Nº200	0,075	0,05			

Fonte: Estudo da composição e propriedades (1998/99)

2.6.4 Técnicas de obtenção de uma análise granulometria

A amostra, antes da análise granulometria, deve ser seca (ao ar ou em estufa) para evitar a agregação das partículas finas e a obturação dos peneiros de malha mais apertada. A amostra deve ser representativa do conjunto.

Para reduzir a amostra grande à dimensão necessária para o ensaio pode-se usar o método de esquartelamento, tendo o cuidado de aproveitar o pó e partículas finas de cada quarto. Deve também evitar-se que a peneiração se faça com uma espessura demasiada de material sobre o peneiro, de modo a obrigar todas as partículas a entrarem em contacto com a rede.

Os resultados são registados sob uma forma tabelar, contendo:

1. Massa retida em cada peneiro,
2. Percentagem retida em cada peneiro,
3. Percentagem total que passa através do peneiro (percentagens acumuladas),
4. Percentagem total que fica retida no peneiro (complemento para 100 dos valores anteriores)

A soma dos resíduos nos peneiros deve ser igual, com % de tolerância à massa inicial da amostra.

A Norma Portuguesa que determina o procedimento para a realização da análise granulométrica baseia-se na especificação do LNEC E245. Esta especificação é apresentada em anexo.

2.6.5 Amostragem

Antes de proceder aos ensaios dos inertes há que realizar a sua amostragem. A amostra tem que ser representativa do conjunto.

A amostra, principal deve ser constituída por diversas porções retiradas de diferentes locais de depósito, tanto quanto possível da superfície, do centro e do fundo. Geralmente é suficiente uma dezena de porções, mas se o depósito dos materiais é variável ou está muito segregado,

será necessário um nº maior de pequenas colheitas. A melhor ocasião para proceder à colheita da amostra é, à chegada do inerte ao estaleiro, durante a descarga do sistema que o transportou. Devera então procurar retirar-se uma porção no início, outra no meio e outra no fim da descarga.

2.6.6 Cálculo do módulo de finura

A percentagem de retidos nos diferentes peneiros é utilizada para calcular o parâmetro designado por módulo de finura.

O módulo de finura é a soma das percentagens totais que ficam retidas em cada peneiro, da série de Tyler, dividida por 100.

A série de Tyler é a que começa no peneiro nº 100 (0,149 mm de abertura) e se estende, segundo uma progressão geométrica de razão 2, até ao peneiro de 3” (76,1 mm de abertura).

O cálculo do módulo de finura pode ser feito através do conhecimento da percentagem de material retido ou passado.

$M.F. = \frac{\sum \% \text{ de retidos acumulados } (100) + (50) + (30) + (16) + (8) + (4) + (3/8) + (3/4) + (1,5) + (3)}{100}$ ou

$M.F. = n - \frac{\sum \% \text{ de passados } (100) + (50) + (30) + (16) + (8) + (4) + (3/8) + (3/4) + (1,5) + (3)}{100}$

Onde:

N = nº peneiros pertencente a série de progressão geométrica de razão 2, série de Tyler ou série normal, onde (% retidos) diferente de 0.

2.6.6.1 Definição de máxima e mínima dimensão do inerte

Normalmente o inerte é designado por dois números separados por um traço, o primeiro representando a sua máxima dimensão, D , e o segundo a mínima dimensão, d ; ambos em milímetros.

Exemplo:

50,8/19,0 - Significa que as partículas do inerte estão compreendidas entre 50,8 mm e 19,0 mm. O inerte pode no entanto conter 10% de partículas com dimensão superior a 50,8 mm e 5% de partículas com dimensão inferior a 19,0 mm.

- Máxima dimensão do inerte (D)

É a menor abertura da malha do peneiro da série através da qual passa uma quantidade de inerte igual ou maior do que 90%

- Mínima dimensão do inerte (d).

É a maior abertura da malha do peneiro da série através da qual passa uma quantidade de inerte igual ou menor que 5%.

2.6.6.2 Cálculo da máxima dimensão do inerte pelo método de Faury

A máxima dimensão do inerte é, por definição:

$$D = d_1 + (d_1 - d_2) \times x/y \rightarrow \text{Fórmula de Faury}$$

Sendo:

- ❖ D_1 – maior abertura do peneiro, no qual já se recolhem as maiores partículas
- ❖ D_2 – abertura do peneiro seguinte a d_1 (de menor abertura que d_1).
- ❖ X – percentagem do peso das partículas retidas no peneiro d_1 .
- ❖ Y – percentagem do peso das partículas que passaram através de d_1 e ficaram retidas em d_2 .

Betão Pronto estudo da sua composição para a sua melhor qualidade

Capítulo 3: Estudo do Caso: Estudo da sua composição para a sua melhor qualidade – Betões de Cabo Verde

3.1 Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Núcleo de Aglomerantes e Betões

3.1.1 Laboratório de Engenharia de Cabo Verde

- PROGRAMA BECOMP: Cálculo da composição de um betão

Cliente: Estágio de memória.

Obra: Betões de Cabo Verde – Betão: B20

Destina-se a um betão armado sujeito à classe de exposição (2ª), segundo a NP ENV 206

Consistência inicial de: 0.0 cm Consistência final aos minutos: 0.0 cm

Entrada de dados:

- Número de inertes: 3
- Malha do primeiro peneiro que retém material: 25.400 mm
- Granulometria dos inertes (% que passa nos peneiros):

Brita Grossa:

Peneiro de 25.400 mm: 98.00 %

Peneiro de 19.100 mm: 70.00 %

Peneiro de 12.700 mm: 22.00 %

Peneiro de 9.520 mm: 12.00 %

Peneiro de 4.760 mm: 1.00 %

Peneiro de 2.380 mm: 0.00 %

Peneiro de 1.190 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.590 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.297 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.149 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.074 mm: 0.00 %

=> Brita Media:

Peneiro de 25.400 mm: 100.00 %

Peneiro de 19.100 mm: 100.00 %

Peneiro de 12.700 mm: 76.00 %

Peneiro de 9.520 mm: 53.00 %

Peneiro de 4.760 mm: 4.00 %

Peneiro de 2.380 mm: 0.00 %

Peneiro de 1.190 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.590 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.297 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.149 mm: 0.00 %

Peneiro de 0.074 mm: 0.00 %

Areia do mar:

Peneiro de 25.400 mm: 100.00 %

Peneiro de 19.100 mm: 100.00 %

Peneiro de 12.700 mm: 100.00 %

Peneiro de 9.520 mm: 100.00 %

Peneiro de 4.760 mm: 100.00 %

Peneiro de 2.380 mm: 100.00 %

Peneiro de 1.190 mm: 99.00 %

Peneiro de 0.590 mm: 92.00 %

Peneiro de 0.297 mm: 67.00 %

Peneiro de 0.149 mm: 12.00 %

Peneiro de 0.074 mm: 0.00 %

Dosagem de cimento: 230.00 kg/m3

Massa volúmica dos inertes no estado (kg/m3):

Brita Grossa: 3000.00

Brita Media: 2950.00

Areia do Mar: 2720.00

Cimento: 3110.00

Água de amassadura: 175.0 litros/m3

Volume de vazios arbitrado: 15.0 litros/m3

Parâmetros da curva de Faury:

A: 24.00

B: 1.50

R/D: 1.00

Resultados:

Cálculo da máxima dimensão do inerte do betão efectuado segundo o ACI/ASTM (10%).

Máxima dimensão dos inertes:

Brita Grossa: 25.400 mm

Brita Média: 19.100 mm

Areia do Mar: 0.59 mm

Módulos de finura dos inertes:

Brita Grossa: 7.1700

Brita Média: 6.4300

Areia do Mar: 1.300

Modulo de finura da curva de Faury: 4.497

Volume de vazios: 0.0 litros/m³

Máxima dimensão do betão: 19.100 mm

Percentuais dos componentes sólidos:

Brita Grossa: 15.00 %

Brita Média: 47.48 %

Areia do Mar: 28.39 %

Cimento: 9.13 %

Dosagem por m³ de betão:

Brita Grossa: 364.5 kg

Brita Média: 1134.5 kg

Areia do Mar: 625.5 kg

Cimento: 230.0 kg

Água: 175.0 litros

Massa volúmica do betão: 2529.5 kg/m³

Relação água/ligante (a/c): 0.761

Granulometria da curva real do betão (comparação com a de referencia):

Peneiro de 152.400 mm ↔ passa 100.00 % (100.00 %)
Peneiro de 101.600 mm ↔ passa 100.00 % (100.00 %)
Peneiro de 76.200 mm ↔ passa 100.00 % (100.00 %)
Peneiro de 50.800 mm ↔ passa 100.00 % (100.00 %)
Peneiro de 38.100 mm ↔ passa 100.00 % (100.00 %)
Peneiro de 25.400 mm ↔ passa 99.70 % (100.00 %)
Peneiro de 19.100 mm ↔ passa 95.50 % (100.00 %)
Peneiro de 12.700 mm ↔ passa 76.91 % (76.19 %)
Peneiro de 9.520 mm ↔ passa 64.49 % (60.62 %)
Peneiro de 4.760 mm ↔ passa 39.57 % (50.39 %)
Peneiro de 2.380 mm ↔ passa 37.52 % (41.49 %)
Peneiro de 1.190 mm ↔ passa 37.24 % (33.74 %)
Peneiro de 0.590 mm ↔ passa 35.25 % (26.91 %)
Peneiro de 0.297 mm ↔ passa 28.15 % (21.10 %)
Peneiro de 0.149 mm ↔ passa 12.54 % (16.01 %)
Peneiro de 0.074 mm ↔ passa 9.13 % (11.52 %)

Erro médio por peneiro da solução obtida: 5.82%

Dosagens para uma amassadura de 30.0 litros:

Brita Grossa: 10.9 kg

Brita Média: 34.0 kg

Areia do Mar: 18.8 kg

Cimento: 6.9 kg

Água: 5.3 litros

Massa total da amassadura: 75.89 kg

Cliente: ESTÁGIO DA MEMORIA

Obra: BETÕES DE CABO VERDE

Betão: B20

Dosagens por m³

em 30 litros

Quadro 5 – Dosagens por m³

Brita Grossa 346.50 kg		10.40	Kg	
Brita Media 1081.20 kg		32.44	Kg	-
Areia do Mar 582.20 kg		17.47 Kg		
Cimento	230.00 kg	6.90 Kg		
Água	215.00 Litros	6.45	Litros	
Adjuvante 1 0.00 Litros		0.00 Litros		
Adjuvante 2 0.00 Litros		0.00 Litros		
Aditivos	0.00 Kg	0.00 Kg		

Fonte: LNEC

3.1.2 Adjuvantes

❖ Definição e propriedades;

Designasse por adjuvante a substância utilizada em percentagem inferior a 5% da massa do cimento, adicionada durante a amassadura aos componentes normais das argamassas e betões, com o fim de modificar certas propriedades destes materiais.

Os adjuvantes destinam-se a alterar o comportamento dos betões:

- Quer no estado fluido,
- Quer no estado sólido,
- Quer no momento da passagem do estado fluido ao estado sólido.
- Quer no estado sólido;

Dada a multiplicidade de efeitos de um adjuvante, eles são classificados apenas pela sua acção principal sobre as propriedades tecnológicas do betão.

O efeito que se procura alcançar com os adjuvantes São:

- 1) Melhorar a trabalhabilidade.
- 2) Acelerar a presa.
- 3) Retardar a presa.
- 4) Acelerar o endurecimento nas primeiras idades.
- 5) Aumentar as tensões de rotura.
- 6) Aumentar a resistência aos ciclos de congelação e descongelação.
- 7) Diminuir a permeabilidade aos líquidos.
- 8) Impedir a segregação e sedimentação do cimento nas caldas de injeção.
- 9) Criar uma ligeira expansão no betão ou argamassa.
- 10) Aumentar a aderência ao inerte e às argamassas e betões endurecidos.
- 11) Produzir betão ou argamassas coloridos.
- 12) Produzir argamassas leves, celulares.
- 13) Produzir propriedades fungicidas, germicidas e insecticidas.
- 14) Inibir a corrosão das armaduras.

Ajudar a bombagem dos betões pobres.

Nota:

Deve chamar-se aditivo_a toda a substância que se adiciona ao cimento, numa argamassa ou betão, em quantidades superiores a 5% da massa do cimento, ou, quando adicionada em quantidade inferior a esta, não tenha qualquer acção quer no estado fluido, quer no estado sólido, ou ainda na passagem do estado líquido ao estado sólido.

ADJUVANTES:

INFORMAÇÃO DO PRODUTO

Super plastificante/Redutor de água de actividade alta como UNE EM 934-2

Descrição

O DARACEM" 120 é um produto formulado baseado em uma solução aguada concentrada de polímeros orgânicos de um fluidificante de efeito alto. Não contém cloreto.

❖ Característica principal

El DARACEM 120 é um super plastificante de actividade alta. A acção dele pode adquirir dois objectivos diferentes basicamente: Betões autonivelante e/ou de alta resistência.

Concreto autonivelante: Adicionado a um betão de assentamento 3-4 cm produz um aumento da consistência até 22 cm o mais de acordo com a quantidade de DARACEM 120 empregado.

Composições concretas apropriadas usando, o DARACEM 120 provêm uma fluência alta e coesão sem segregação apreciável.

O suor normalmente está debaixo de 0,05 cm³/cm².

O betão autonivelante conseguido através da adição do produto tem o mesmo ou em geral resistência maior para compressão que o original sem a incorporação do aditivo.

Betão de resistência alta: a adição de Daracem 120 para um betão pode produzir uma redução de água de 30% ou superior, mantendo a consistência. O betão tratado tem uma colocação em obra fácil, sem segregação, e requer um tempo menor de vibração em comparação a um betão sem aditivar com o mesmo assentamento.

A resistência a compressão, comparada com a do betão sem aditivo pode aumentar

proporcionalmente até 100%, de acordo com a redução de água.

❖ Aplicações

O Daracem 120 é especialmente apropriado na produção de betões autonivelantes de alta resistência, destinados entre outros para:

" Pilares, paredes e estacas.

" Estruturas com armaduras especialmente densas.

" Todo o tipo de peças prefabricadas no trabalho, tanto em cofragens normais como pretensadas.

" Betões impermeabilizados para piscinas, depuradoras, etc.

❖ Manutenção da consistência

Um betão aditivado com Daragem120 mantém a consistência entre 1 e 2 horas, dependendo da consistência de partida, da dosagem, da temperatura ambiente e do tipo e quantidade de cimento empregado.

❖ Durabilidade

Para projectar e levar a cabo estruturas de concreto armado que respondam adequadamente ao conceito de durabilidade, o betão deve ser feito contemplando algumas regras básicas.

" Relação baixa água/cimento que garante uma baixa porosidade, impermeabilidade alta e resistência mecânica.

" Trabalhabilidade alta para uma maior compactação e uma colocação mais ágil e mais correcta no trabalho.

" Dosagem e tipos de cimento adequados, junto com uma qualidade e granulometria correcta dos áridos.

" Tratamentos apropriados para as armaduras.

Os Daracem 120 contribuem decisivamente consequentemente as duas primeiras características.

❖ Homogeneidade

A variabilidade das resistências para compressão do betão tentada com Daracem 120 é muito baixa, obtendo misturas mais homogêneas no processo de produção.

Outras vantagens

" Redução do tempo de colocação em obra e vibrado, especialmente em estruturas muito armadas.

" Resistências altas para primeiras idades

" Melhor acabado superficial, até mesmo em betões com áridos leves.

" Resistência alta para o desgaste.

" Melhor aderência entre o betão e as armaduras

" Retracção menor, devido à baixa relação água/cimento.

❖ Dosagem

A dose de produto indicada oscila entre os 0,5 e 2.0% sobre o peso do conglomerado, dependendo das condições de trabalho exigidas.

❖ Compatibilidade entre aditivos

O Daracem 120 é compatível com todos os outros aditivos de GRACE de aplicação para o betão.

Se aconselha aplicar os aditivos individualmente.

Provisão

O Daracem 120 é sub ministrado a granel em cisterna, ou em bidões de 250 kg.

❖ Dosificador

GRACE põe à disposição de seus clientes sistemas de dosagem adaptada a suas centrais de produção para garantir a aplicação correcta do produto.

❖ Especificações para aditivos

O Daracem 120 cumpre com as seguintes normas nacionais e internacionais:

ASTM: C494 Tipo A e F UNE: EM 934.2

UNI: 8145

-WRDA®90 HSR

Plastificante/Redutor de água segundo UNE EM 934.2

❖ Descrição

O WRDA 90 HSR é um produto líquido de cor escura, derivado de compostos orgânicos de síntese que confere aos betões elevadas prestações em matérias de:

- " Trabalhabilidade
- " Redução da relação a/c
- " Desenvolvimento de resistências
- " Manutenção prolongada da consistência

❖ Característica principal

O WRDA 90 HSR, por meio da ampla margem de dosagem indicada, permite obter um fluidificante de capacidade alto, que pode levar vantagem pela obtenção de betões de consistências muito fluidas ou para obter reduções fortes de água de amassadura, obtendo relações a/c muito baixas.

Aplicações principais

- " Pilares, muros e estacas.
- " Betões impermeáveis para piscinas, depuradoras, etc.
- " Estrutura com armaduras especialmente densas.
- " Betões fluidos e super fluidificados

Para betões com relações a/c muito baixo que requer dose maior que 1% s.p.c. nós recomendamos o uso de super fluidificantes da gama DARACEM ou das séries ADVA.

Função e dosagem variável

A evolução formularia e a natureza das matérias-primas utilizadas vão permitido a GRAÇA desenvolver um produto como o WRDA 90 HSR que, de acordo com as necessidades de uso diferentes, podem ser empregadas com funções e resultados diferentes, simplesmente ajustando a doseis e a formulação do betão. Descrevemos seguidamente a suas funções principais.

Também, o WRDA 90 HSR facilita a colocação na obra e melhora os benefícios mecânicos do betão. Também, o efeito HSR ("High Slump Retention") permite manter a consistência obtida por um espaço de tempo mais prolongado que com outros produtos fluidificantes e super fluidificantes.

Redutor de água-fluidificante. Para uma dosagem do 3‰ em peso de conglomerante, o WRDA 90 HSR age como um aditivo redutor de água fluidificante de benefícios altos, reduzindo notavelmente a relação água/cimento com relação a betões sem aditivos.

❖ Super fluidificante

Para uma dosagem entendida entre os 4‰ e os 10‰ em peso de conglomerante o WRDA 90 HSR aumenta a sua capacidade redutora de água-fluidificante de tal modo que age como um super fluidificante para todos os efeitos. Este fato, até mesmo aplicável de ser para qualquer betão, destina-se especialmente para betões feitos com cimento classe I. Para betões que contêm cimentos tipo II ou adições puzolánicas, e em atmosferas frias nós recomendamos o uso de WRDA 90 em substituição do WRDA 90 HSR.

❖ Impermeabilizante

A permeabilidade do betão é um factor extremamente importante para a durabilidade da estrutura. Para obras como tanques, cisternas, conduções, piscinas, purificadoras, etc., esta propriedade é indispensável pela mesma natureza do trabalho levar a cabo. A capacidade de redução de água do WRDA 90 HSR e a capacidade fluidificante dele permitem elaborar betões de alta impermeabilidade. Para adquirir este efeito particular se aconselha para usar o WRDA 90 HSR em dosagens compreendidas entre os 6‰ e os 10‰ em peso de aglomerante.

❖ Pavimentos

Dada a natureza das operações de fim tradicionais depois da colocação deles na obra, a demora do fraguado levado pelo uso de produtos fluidificantes tradicionais para limitar o nível de dosagem do mesmo para os mais baixos níveis dos empregados nos outros concretos.

O WRDA 90 HSR está especialmente formulado para não gerar demoras apreciáveis de fraguado quando é usado em dose rondando os 6‰ s.p.c. com tipo de cimentos I, enquanto em betões que contêm cimentos do tipo II, recomendamos uma dosagem entre 3‰ e 4‰ s.p.c.

❖ Durabilidade

Para projectar e realizar estruturas de betão armado que respondam adequadamente ao conceito de durabilidade, o betão deve ser feito; e contemplando algumas regras básicas:

" Relação água/cimento baixa que garante uma baixa porosidade, alta impermeabilidade e resistência mecânica.

" Trabalhabilidade alta para uma compactação mais completa e uma colocação mais ágil e mais correcta na obra.

“ Baixo e controlado nível do ar oclusivo.

" Dosagem e tipos de cimento também adaptarem em relação às propriedades dos inertes.

" Tratamentos apropriados para as armaduras.

O WRDA 90 HSR contribui decisivamente ao concedimento das primeiras três características:

❖ Compatibilidade entre aditivos

O WRDA 90 HSR é compatível com todos os outros aditivos de GRACE de aplicação ao betão.

Se aconselha aplicar os diferentes tipos de aditivos por separados.

❖ **Suministro:**

O WRDA 90 HSR é sub ministrado a granel em cisterna, ou em bidões de 250 kg.

❖ **Dosificado:**

GRAÇA põe à disposição de seus clientes sistemas de dosagem adaptada a suas centrais de produção para garantir a aplicação correcta do produto.

❖ **Especificações para aditivos**

O WRDA 90 HSR cumpre as normas internacionais seguintes que dependem da dosagem:

- ASTM: C494 Tipo A, D e G
- B.S. 5075 licença 1 e 3
- DIN: 1045
- UNI: 7102-7107-8145
- UNE: EN 934.2

INFORMAÇÃO DO PRODUTO

Daratard® 17

Aditivo retardante – redutor de água segundo UNE EM 934.2

❖ **Descrição**

O DARATARD® 17 é um aditivo de benefícios altos, formulado com base em compostos orgânicos polihidroxilados de um alto grau de pureza.

Não contém cloreto.

O DARAT ARD 17 é principalmente satisfatório para reduzir a velocidade do fraguado do betão. Para as dosagens de 2-3 ‰ habitual em peso de cimento, o tempo de começar a ter fraguado um betão preparado com cimento Portland vem reduzindo a velocidade de 1 a 4 horas a 20 °C.

❖ Vantagens

O DARAT ARD 17 foi estudado com o propósito de obter as resistências mais altas a compressão e flexão no betão graças a sua acção efectiva de redução de água de amassado (entre 10 -15%), e ao controlo da hidratação da fase silicato tricálcico (C₃S) do cimento.

Graças a redução da água do amassado que pode ser conseguido pela aplicação de DARATARD 17, se obtém betões frescos com maiores plasticidade e trabalhabilidade, maior capacidade para a colocação na obra e melhor acabado superficial, com o passar do tempo o betão terá maior impermeabilidade e menor retracção.

Então, o DARTARD 17 é recomendado sempre que é necessário uma demora do fraguado para garantir a trabalhabilidade por um tempo suficientemente prolongado e durante algum tempo para permitir o transporte, colocação em obra, compactação, vibrado nos casos de:

Betão em climas cálidos, um retraço em sua colocação, o DARATARD 17 garantirá o tempo suficiente e melhorará a suas prestações finais.

O DARATARD 17 garante um transporte a uma distância longa.

❖ Dosagem

O DARATARD 17 tem algumas margens amplas de dosagem de acordo com a aplicação concreta, mas movimenta-se a maior parte no 2 ao 3‰ sobre o peso de cimento. A dose boa será determinada por meio de ensaios pré-visualizando os mesmos materiais propostos para as aplicações industriais.

Quando seja necessário um considerável aumento da demoram do fraguado, você pode usar o produto em dose do 4 ao 5‰ sobre o peso do cimento sem detrimento da durabilidade.

INFORMAÇÃO DO PRODUTO

Plastificante/Redutor de água segundo UNE EM 934.2

Descrição

O WRDA 23 é uma solução aguada de combinação orgânico formulada com o propósito de adquirir uma redução de água de amassado no betão e uma melhoria nas condições de hidratação do cimento.

É apresentado em forma líquida com uma mistura exacta de todos seus componentes sem requerer qualquer manipulação posterior à produção.

Não contém cloreto.

❖ Emprego

O WRDA 23 permite obter um betão com uma relação de água/cimento de 10 ao 15%, mais dócil, com mais resistências, menos permeável e mais durável. Dadas as vantagens técnicas e económicas notáveis se aconselha o emprego em todos os tipos de betões: fabricado em central, na obra, prefabricados, betões leves, pretensado, etc.

❖ Vantagens

Tempo de fraguado:

A maioria dos aditivos plastificantes isentos de cloreto provocam um significativo retardo do tempo de fraguado.

Pelo contrário, O WRDA 23 modifica isto em uma proporção mínima.

❖ Capacidade fluidificante

O uso do produto produz um betão mole ou fluido, de acordo com a dose usada que será mais trabalhável, mais facilmente bombeável e com um fim melhor com respeito a outros betões com aditivos tradicionais.

Deste modo, o produto pode ser aplicado à produção de betões de consistências diferentes.

❖ Dosagem e diferentes prestações

Aplicando em um betão de 4 cm de estabelecimento inicial uma dose 3‰ ou de WRDA 23 permitem descer isso em 6-8 cm mais.

Com uma dose de 4-5‰ com respeito ao peso do cimento, pode obter-se um betão de 16 -18 cm de estabelecimento. No caso de betões super fluidificados com valores de Rck alto, é adquirido por meio do emprego simultâneo de superplastificantes da gama DARACEM um betão autonivelante que parte de estabelecimentos de 3-5 cm.

❖ Terminado e efeito estético:

Como resultado do maior grau de trabalhabilidade estão favorecidos em grande medida a propriedades estéticas do produto final, reduzindo o tempo de colocação e terminado, manual ou mecanicamente.

❖ Dosagem

São recomendadas doses de 3 ao 5‰ com relação ao peso do cimento com o objectivo de obter resultados bons.

Em certos casos estas percentagens podem ser variadas em função da qualidade dos cimentos e áridos. É aconselhável para aplicar o produto na água da amassadura.

❖ Compatibilidade com outros aditivos

Os WRDA 23 são compatíveis com todos os outros aditivos de GRACE de aplicação ao betão.

Em particular prove um sinergismo notável com os super fluidificantes da gama DARACEM. É aconselhável aplicar por separado os aditivos.

❖ Equipos dosificadores

GRACA põe à disposição de seus clientes sistemas de dosagem adaptada a suas centrais de produção para garantir a aplicação correcta do produto.

Provisão

O WRDA 23 é subministrado a granel em cisterna, ou em bidões de 250 kg. Não contém substâncias inflamáveis

Antes de uma eventual congelação recupera as características depois de uma agitação apropriada.

❖ Especificações para aditivos

O WRDA 23 cumpre com as normas internacionais seguintes:

- ASTM: C494 Tipo A e D
- B.S: 5075 parte 1:1974
- DIN: 1045
- UNI: 7102/72
- UNE: EM 934.2

INFORMAÇÃO DO PRODUTO

Plastificante/Redutor de água segundo UNE EM 934.2

Descrição

O WRDA" 90 é um produto líquido de cor escura com ajuda de combinação orgânica de síntese que confere ao betão elevadas características em matéria de:

- Trabalhabilidade
- Redução da relação água/cimento
- Desenvolvimento de resistências
- Manutenção da consistência

❖ Principais características

O WRDA 90, por meio da extensa margem de dosagem indicada, permite obter um fluidificante de capacidades altas que pode levar vantagem pela obtenção de betões de consistências muito fluidas ou para adquirir reduções fortes de água de amassado, obtendo muito baixa relação água cimento.

❖ Aplicações principais

- Pilares, muros e estacas.
- Betões impermeabilizados para piscinas, purificadoras, etc.
- Estruturas com armaduras especialmente densas.
- Betões fluidos e super fluidificados

Para betões com relação muito baixa a/c que requer doses superior a 1% s.p.c. nós recomendamos o uso de super fluidificantes da gama DARACEM."

❖ Função e Dosagem variável

A evolução formula e a natureza das matérias-primas implicadas há permitido a GRACE desenvolver um produto como WRDA90 que, de acordo com as necessidades de uso podem ser empregado com funções e resultados diferentes, simplesmente mudando a dosagem e ajustando a formulação do betão. Nós subsequentemente descrevemos as funções principais:

Redutor de água-fluidificante para uma dosagem do 3‰ em peso do conglomerante, o WRDA 90 actua como um aditivo redutor de água-fluidificante de benefícios altos, reduzindo notavelmente a relação água/cimento com relação a betões sem aditivos.

Também, os WRDA 90 facilitam a colocação na obra e melhora os benefícios mecânicos do betão.

❖ Super fluidificante

A uma dosagem compreendida entre os 4‰ e os 10‰ em peso de conglomerante o WRDA 90 aumenta a sua capacidade redutora de água – fluidificante de um tal modo que age como se fosse um super fluidificante para todos os efeitos.

Para esses betões feitos com cimentos classe I/45, normalmente de reactividade alta e especialmente a tempo estival onde a manutenção da consistência é difícil, nós recomendamos o uso da versão WRDA 90 HSR em lugar de WRDA90.

❖ Impermeabilizante

A permeabilidade do betão é um factor extremosamente importante para a durabilidade da estrutura. Para obras tais como tanques, cisternas, conduções, piscinas, purificadoras, etc., esta propriedade é indispensável para a mesma natureza da obra levar a cabo. A capacidade de redução de água do WRDA 90 e a sua capacidade fluidificante permitem elaborar betões de impermeabilidade alta. Para adquirir este efeito particular se aconselha para usar o WRDA 90 em dose compreendido entre os 6‰ e os 10‰ sobre o peso de conglomerante.

❖ Pavimentos.

Dada a natureza das operações de finalizações tradicionais e colocação na obra, a demora do fraguado produzida pelo uso de produtos fluidificantes tradicional fizeram para limite o nível de dosagem do mesmo para os mais baixos níveis dos empregados nos outros betões. O que especialmente são formulados os WRDA 90 por não gerar demoras apreciáveis de fraguado quando é usado em dose que rondam os 6‰ s.p.c.

❖ Durabilidade

Para projectar e realizar estruturas de betão armado que responda adequadamente o conceito de durabilidade adequadamente, o betão deve ser feito contemplando algumas regras básicas:

" Relação baixo água/cimento que garante uma baixa porosidade, impermeabilidade alta e resistência mecânica.

" Alta trabalhabilidade para uma compactação mais completa e uma colocação mais ágil e mais correcta no trabalho.

Baixo e controlado nível de ar oclusivo

Dosagem e classes de cimentos adequados, em relação também as propriedades dos áridos

Tratamento adequado para as armaduras.

❖ Compatibilidade entre aditivos

O WRDA 90 é compatível com todos os demais aditivos de GRACE de aplicação aos betões. Se aconselha aplicar os aditivos por separados.

❖ Provisão

O WRDA 90 é subministrado a granel em cisterna, ou em bidões de 250 kg.

❖ Dosificador

GRACA põe à disposição de seus clientes sistemas de dosagem adaptada a suas centrais de produção para garantir a aplicação correcta do produto.

❖ Especificações para aditivos.

O WRDA 90 cumpre com as seguintes normas internacionais dependendo da dosagem:

- ASTM: C494 Tipo A, D e G
- B.S: 5075 parte 1 e 3
- DIN: 1045
- UNI: 7102-7107-8145
- UNE: EM 934.2

Capítulo 4: Conclusão

Neste capítulo, pretendemos apresentar as principais conclusões que emergem deste trabalho tendo em consideração os objectivos traçados inicialmente:

- O presente trabalho relata uma novidade em Cabo Verde: o betão pronto tem as suas vantagens de concluir uma obra num menor tempo;
- A sua forma de aplicação permite que uma área onde é aplicado tenha presa ao mesmo tempo, de que se fosse da forma tradicional não acontecia;
- O betão pronto tem sido um material predominante no sector da construção civil e obras públicas, já que pode ser produzido em grande quantidade, permitido o desenvolvimento de técnicas como a de betão projectado e a de bombagem;
- Em termos de ensaios laboratoriais obtemos resultados mais rigorosos, porque temos uma produção maior com a mesma dosagem. De modo a conhecer totalmente as características do betão e avaliar o seu desempenho. Na fase laboratorial consegue-se obter um betão homogéneo, com boa trabalhabilidade e com uma resistência a compressão adequada. Em relação aos adjuvantes nos permite uma melhor utilização dos mesmos, desta forma obtemos os objectivos com maior precisão;

- De acordo com o exposto, podemos dizer que os resultados conseguidos neste trabalho corroboram os objectivos atrás definidos. Entretanto, como dizia o meu orientador, um trabalho desta natureza nunca é um produto acabado, sobretudo a este nível de formação. Neste sentido, surgiram novas ideias que constituem linhas de pesquisa para os meus trabalhos subsequentes na Universidade Jean Piaget de Cabo Verde.

Betão Pronto estudo da sua composição para a sua melhor qualidade

Bibliografia

- Azevedo, Aires (2002). Betões de elevado desempenho com incorporação de cinzas volantes, Tese de doutoramento, Universidade de Minho, Julho de 2002, Portugal.
- Correia, António Gomes, (1980), Ensaios para controlo de terra planagens.
- Coutinho, Sousa, (1955), Estudo e controle do betão no estaleiro, Lisboa.
- Coutinho, Sousa, (sem data), Estudo da Composição do betão, (parte I, II, III).
- Fernandes, Manuel de Matos, (1999), Mecânica dos Solos, Reimpressão de Abril de 1999
- Ferreira, Rui Miguel (2000). Avaliação dos Ensaios de Durabilidade do Betão, Dissertação apresentada à Escola de Engenharia do Minho para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Materiais e Reabilitação da Construção, Guimarães, Portugal.
- Figueiredo, Fábio e tal (2006), Composição do betão, Portugal.
- Lamas, Estela (2007). Ciências da Educação e Praxis Educativa, Metodologia Científica 2007, Guião, Unidade Ciências Políticas da Educação e do Comportamento, Universidade Jean Piaget de Cabo Verde, Cabo Verde.
- Lamas, Estela et al, (2001), Contributos para uma Metodologia Científica mais Cuidada, Lisboa, Instituto Piaget.
- Lopes, Leão, (2001), Manual básico de construção, Maio de 2001, São Vicente, Cabo Verde.
- Nepomuceno, Miguel, (1999), Materiais de construção II, estudo da composição e propriedades, 1988/99.
- Valente, Isabel e Cruz, Paulo (2004). Caracterização experimental de um leve de elevada resistência – Encontro Nacional Betão Estrutural em 2004, Portugal.

A Anexos

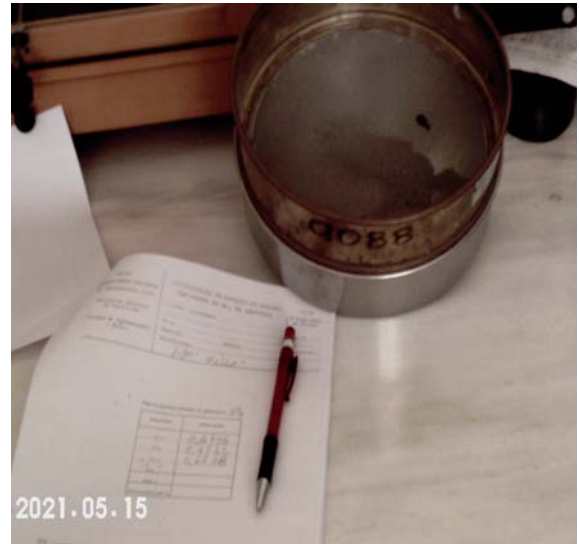
A.1 Simbologia utilizada no trabalho

- Relação água cimento.....	A/C
- Kilograma.....	KG
- Litro por metro cúbico.....	L/M ³
- Megapascal.....	Mpa
- Revoluções por minutos.....	R.p.m
- Norma Portuguesa.....	NP
- Centímetro.....	CM
- Milímetro.....	MM
- Metro.....	M
- Óxido de cálcio.....	CaO
- Óxido de zinco.....	SiO
- Óxido de alumínio.....	ALO
- Óxido de ferro.....	FeO
- Óxido de magnésio.....	MgO
- Potássio.....	K
- Sódio.....	Na
- Tonelada.....	Tn
- Laboratório nacional de engenharia civil.....	LINEC
- Graus célsius.....	°C
- Grámos por centímetros cúbicos.....	g/cm ³
- Módulo de finura.....	MF
- Grámos por litro.....	g/l

A.2 Fotografias de alguns ensaios



Ensaio de esmagamento Los Angeles.



Granulometria do cimento.



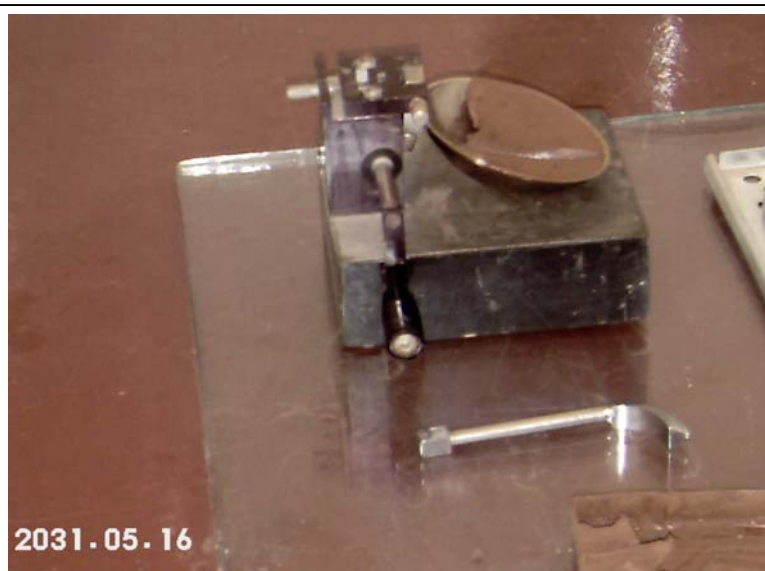
Colocação do betão numa laje



Concha Casagrande para determinar limite de liquides do solo.



Ensaio limite de plasticidade através do método dos rolinhos.



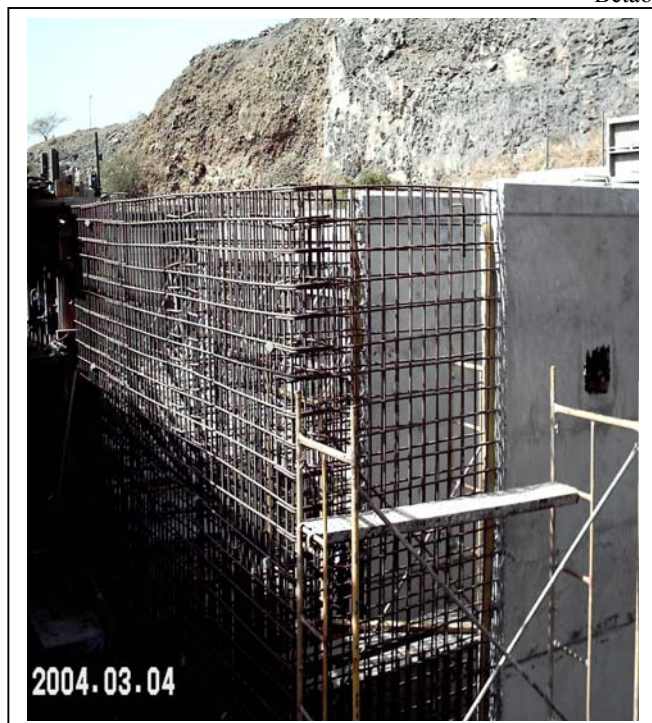
Concha Casagrande.



Ensaio do Slump test.



Colocação duma tela asfáltica



Paredes de um tanque de armazenamento de águas residuais



Nível freático superiormente ao nível da sapata.